

BIOSORPSI ION Cu(II) OLEH KULIT BUAH KOPI (*Coffea arabica*)

Yuris Firdayanti Parrangan, Nursiah La Nafie, Prastawa Budi

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin
Kampus Tamalanrea Makassar 90425

ABSTRAK. Biosorpsi merupakan metode yang efektif untuk menghilangkan ion logam berat dari suatu larutan. Biosorpsi ion logam Cu(II) dengan menggunakan biosorben kulit buah kopi pada variasi ukuran partikel, waktu kontak, pH dan konsentrasi telah diteliti. Konsentrasi ion Cu(II) sebelum dan setelah adsorpsi ditentukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Pengaruh pH dalam proses biosorpsi dipelajari pada pH 2-7. Model Langmuir dan Freundlich digunakan untuk mempelajari isothermal adsorpsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu optimum biosorpsi ion Cu(II) biomassa kulit buah kopi adalah 50 menit, dan pH optimum biosorpsi adalah 4 dengan ukuran partikel 120 mesh. Dari hasil penelitian ini, diperoleh informasi bahwa biosorpsi ion logam Cu(II) dengan menggunakan kulit buah kopi lebih sesuai dengan model isothermal Langmuir dibandingkan isothermal Freundlich dengan kapasitas adsorpsi (Q_0) 47,84 mg/g biosorben. Hasil analisis FT-IR menunjukkan bahwa gugus $-OH$ dan $-NH$ yang berperan dalam pengikatan ion Cu(II).

Kata Kunci : Biosorpsi, Cu(II), Isothermal Langmuir, Kulit Kopi, SSA.

ABSTRACT. Biosorption is an effective method for the removal of heavy metal ions from their solution. Biosorption of Cu(II) by coffee peel with variation of particle size, contact time, pH, and concentration has been investigated. Concentration of Cu(II) ion before and after adsorption was determined using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Effect of pH in the biosorption process was studied at pH of 2-7. Langmuir and Freundlich models were used to study the adsorption isotherm. The result showed that the optimum time for biosorption of Cu(II) ion by biomass coffee peel was 50 minutes and pH 4 was the optimum pH of biosorption with 120 mesh of particle size. Result showed that biosorption of Cu(II) ion by coffee peel fit better the Langmuir model than Freundlich model with the adsorption capacity (Q_0) of 47.84 mg/g biosorbent. The result of FT-IR analysis showed that $-OH$ and $-NH$ groups are responsible for the binding of the Cu(II) ion.

Keyword : Biosorption, Cu(II), Langmuir Isotherm, Coffee Peel, AAS.

PENDAHULUAN

Aktivitas manusia pada berbagai bidang industri, pertambangan, teknologi komunikasi dan transportasi ternyata membawa berbagai dampak yang merugikan. Salah satu dampak yang merugikan bagi lingkungan dan bagi manusia sendiri adalah pencemaran lingkungan akuatik oleh logam berat. Lingkungan akuatik yang dimaksud di sini adalah lingkungan yang mengandung materi abiotik berupa air misalnya ekosistem air, maupun sumber air (Ahuja, 2009).

Pencemaran akibat kegiatan industri dapat menyebabkan kerugian besar, karena umumnya buangan pada lingkungan mengandung zat beracun salah satunya yaitu logam Cu (Darmono, 1995). Palar (1994) menyatakan bahwa daya racun yang dimiliki oleh Cu dapat membunuh biota perairan. Menurut Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No 69, Tahun 2010 tentang Baku Mutu Limbah Cair Domestik dalam Yaqin dkk. (2013), baku mutu logam Cu pada perairan adalah 0,008 mg/L.

Kontaminasi logam berat dengan konsentrasi yang rendah secara umum akan sulit dihilangkan dari air

limbah. Beberapa proses kimia seperti metode pengendapan, metode pertukaran ion dan elektrodeposisi memberikan hasil yang kurang memuaskan terutama untuk menghilangkan polutan dengan konsentrasi yang amat rendah (Zein dan Munaf, 2010). Biosorpsi merupakan metode alternatif untuk menyerap logam berat karena adanya komponen material biologi yang memiliki kapasitas pengikatan yang besar (Ahalya dkk., 2003). Beberapa studi kasus telah dilaporkan untuk menjelaskan keberhasilan penerapan biosorpsi untuk pengolahan air limbah. Dapat dikatakan bahwa biosorpsi menawarkan kesempatan besar untuk proses yang bersih, murah dan efektif untuk penyerapan ion logam dari air yang tercemar (Abdel-Ghani dan El-Chaghaby, 2014).

Biosorpsi menunjukkan kemampuan biomassa untuk mengikat logam berat dari dalam larutan melalui langkah-langkah metabolisme atau kimia-fisika (Ashraf, 2010). Alternatif bahan biologis lain yang dapat digunakan sebagai bahan baku biosorben adalah limbah produk-produk pertanian yang merupakan

limbah organik yang sangat mudah ditemukan dalam jumlah besar (Kurniasari, 2010). Limbah pertanian umumnya tersusun dari lignin, protein, hemiselulosa dan selulosa sebagai komponen penyusun utama dan komponen ini mengandung gugus fungsi seperti gugus $-OH$, $-COOH$, $-NH$, dan $-SH$ (Sud dkk., 2008). Gugus-gugus fungsi ini memiliki kemampuan untuk mengikat ion logam melalui pasangan elektron bebas yang akan membentuk kompleks dengan ion logam dalam larutan (Demirbas, 2008).

Waktu kontak dan pH merupakan faktor yang berperan penting dalam proses adsorpsi. Faktor lain yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi adalah ukuran partikel biosorben dan konsentrasi adsorbat. Semakin kecil ukuran partikel biosorben, semakin besar pula luas permukaan untuk mengadsorpsi (Aji dan Kurniawan, 2012).

Salah satu limbah pertanian yang ketersediaannya cukup melimpah di Indonesia adalah kulit kopi karena produktivitasnya cukup tinggi yaitu 748.000 ton per tahun dan 32% dari jumlah tersebut berasal dari Sulawesi Selatan (Alam, 2006). Kulit kopi yang

melimpah tersebut belum dimanfaatkan secara optimal dan hanya dianggap sebagai limbah (Assadam, 2014). Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian ini dilakukan untuk mempelajari kemampuan kulit buah kopi (*Coffea arabica*) untuk mengikat $Cu(II)$ dalam larutan $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$.

BAHAN DAN METODE

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kulit buah kopi (*Coffea arabica*), $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$, HNO_3 , $NaOH$, akuabides, kertas saring Whatman 41, dan kertas label.

Alat Penelitian

Alat-alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah alat-alat gelas yang umum digunakan di laboratorium, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) *buck scientific* model 205 VGP, neraca analitik, oven, *magnetic stirrer*, ayakan ukuran 60, 80, 120, dan 150 mesh, *stopwatch*, desikator, pH meter dan spektrofotometer FT-IR *Shimadzu prestige 21*.

PROSEDUR

Penyiapan Biosorben Kulit Buah Kopi (*Coffea arabica*)

Kulit buah kopi (*Coffea arabica*) dicuci dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran. Kemudian kulit kopi dibilas dengan akuabides dan ditiriskan. Kulit buah kopi dikeringkan dengan suhu ruangan. Setelah itu, kulit buah kopi digerus/dihaluskan dengan menggunakan *cruser* dan diayak dengan ukuran 60 mesh, 80 mesh, 120 mesh dan 150 mesh. Kemudian kulit buah kopi disimpan dalam desikator. Selanjutnya kulit buah kopi dikeringkan di oven pada suhu 80 °C selama 24 jam sebelum digunakan (La Nafie, dkk., 2012).

Pembuatan Larutan Induk Cu(II)

Pembuatan larutan baku Cu(II) 1000 mg/L dilakukan dengan cara $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ditimbang sebanyak 3,8019 gram, diencerkan dengan akuabides hingga volume 1 L. Selanjutnya, larutan baku Cu(II) 1000 mg/L dipipet 100 mL dan diencerkan sampai volume 1 L untuk membuat larutan baku 100 mg/L

Penentuan Pengaruh Ukuran Partikel terhadap Biosorpsi Ion

Cu(II) oleh Kulit Buah Kopi (*Coffea arabica*)

Serbuk kulit buah kopi (*Coffea arabica*) dengan variasi ukuran 60, 80, 120 dan 150 mesh dimasukkan masing-masing sebanyak 0,2 gram ke dalam 4 buah erlenmeyer ukuran 100 mL, selanjutnya dimasukkan secara berturut-turut 50 mL larutan ion logam Cu(II) dengan konsentrasi 100 mg/L pada pH 5,1. Campuran tersebut diaduk selama 10 menit kemudian disaring dan filtratnya dikumpul untuk diukur kadar Cu(II) dengan AAS (Malimongan, dkk., 2015). Kadar Cu(II) dalam larutan Cu(II) sebelum adsorpsi juga diukur. Setiap percobaan dilakukan secara duplo. Percobaan blanko dilakukan seperti sebelumnya tetapi tanpa pengadukan.

Penentuan Waktu Optimum Biosorpsi Ion Cu(II) oleh Kulit Buah Kopi (*Coffea arabica*)

Serbuk kulit buah kopi (*Coffea arabica*) dimasukkan masing-masing sebanyak 0,2 gram ke dalam 10 buah labu erlenmeyer ukuran 100 mL dan ditambahkan 50 mL larutan Cu(II) dengan konsentrasi 100 mg/L dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 dan 90 menit.

Kemudian larutan disaring dan filtratnya ditampung untuk diukur kadar Cu(II) dengan SSA. Setiap percobaan dilakukan 2 kali pengulangan.

Penentuan pH Optimum Biosorpsi Ion Cu(II) oleh Kulit Buah Kopi (*Coffea arabica*)

Serbuk kulit kopi (*Coffea arabica*) sebanyak 0,2 gram ditambahkan 50 mL larutan ion logam Cu(II) dengan konsentrasi 100 mg/L dan pH 2. Larutan diaduk selama waktu optimum dan disaring. Absorbansi filtrat diukur dengan AAS. Percobaan diulang dengan pH berbeda masing-masing 3, 4, 5, 6 dan 7. Percobaan blanko dilakukan seperti di atas tapi tanpa pengadukan. pH optimum adalah pH dimana konsentrasi teradsorpsi (C_{adsorpsi}) terbesar.

Penentuan Kapasitas Biosorpsi Ion Cu(II) oleh Kulit Buah Kopi (*Coffea arabica*)

Serbuk kulit buah kopi (*Coffea arabica*) yang bersih dan kering dimasukkan masing-masing sebanyak 0,2 gram ke dalam 5 buah erlenmeyer ukuran 100 mL, selanjutnya dimasukkan secara berturut-turut 50 mL larutan ion logam Cu(II) dengan konsentrasi 50, 100, 150, 250, dan

300 mg/L. Campuran tersebut diaduk selama waktu dan pH optimum, kemudian disaring dan filtratnya dikumpul untuk diukur kadar Cu(II) dengan AAS. Kadar Cu(II) dalam larutan Cu(II) sebelum adsorpsi juga diukur. Setiap percobaan dilakukan secara duplo, dilakukan seperti langkah sebelumnya tetapi tanpa pengadukan.

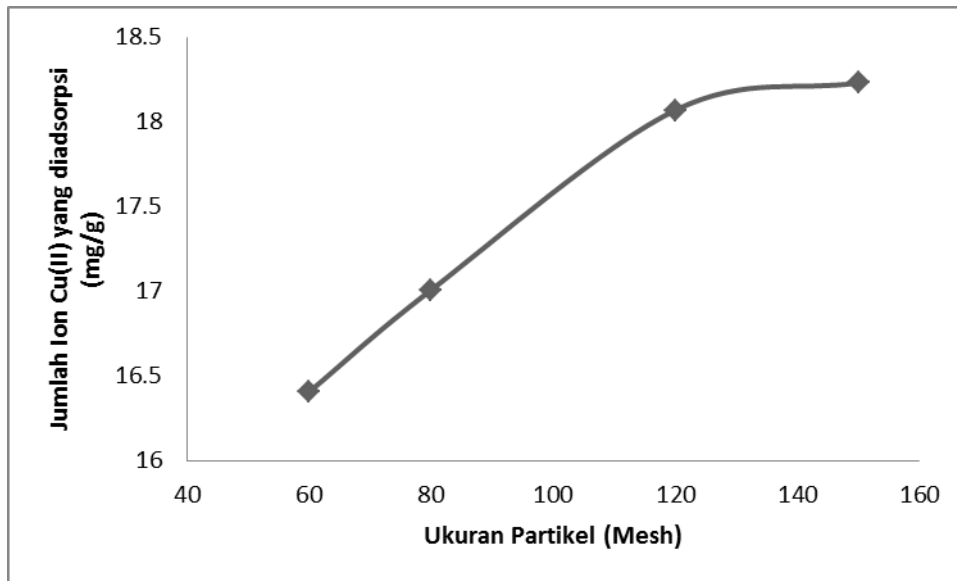
Analisis FT-IR

Biosorben kulit buah kopi (*Coffea arabica*) sebelum dan setelah ditambah dengan larutan Cu(II) (konsentrasi 100 mg/L dengan pH dan waktu optimum dan dikeringkan pada suhu 50 °C lalu dianalisis dengan *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR) *Prestige-21*. Pembacaan spektra data IR menggunakan *software Grams research*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Pengaruh Ukuran Partikel terhadap Biosorpsi Ion Cu(II) oleh Kulit Buah Kopi (*Coffea arabica*)

Pengaruh ukuran partikel terhadap kapasitas biosorpsi ion Cu(II) oleh kulit buah kopi (*Coffea arabica*) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik hubungan antara ukuran partikel (mesh) terhadap jumlah ion Cu(II) yang diadsorpsi (q_e) oleh kulit buah kopi

Berdasarkan Gambar 1, dapat dilihat bahwa semakin kecil ukuran partikel, daya adsorpsinya akan semakin tinggi karena luas permukaan yang besar (Saueprasearsit ddk., 2010). Jumlah ion Cu(II) yang teradsorpsi meningkat seiring dengan meningkatnya ukuran partikel. Kemampuan adsorpsi maksimum yaitu pada ukuran partikel 150 mesh dengan nilai 18,23 mg/g. Sunday dkk., (2013) melaporkan bahwa ukuran partikel berpengaruh pada adsorpsi ion logam, karena daya adsorpsi berbanding terbalik dengan ukuran

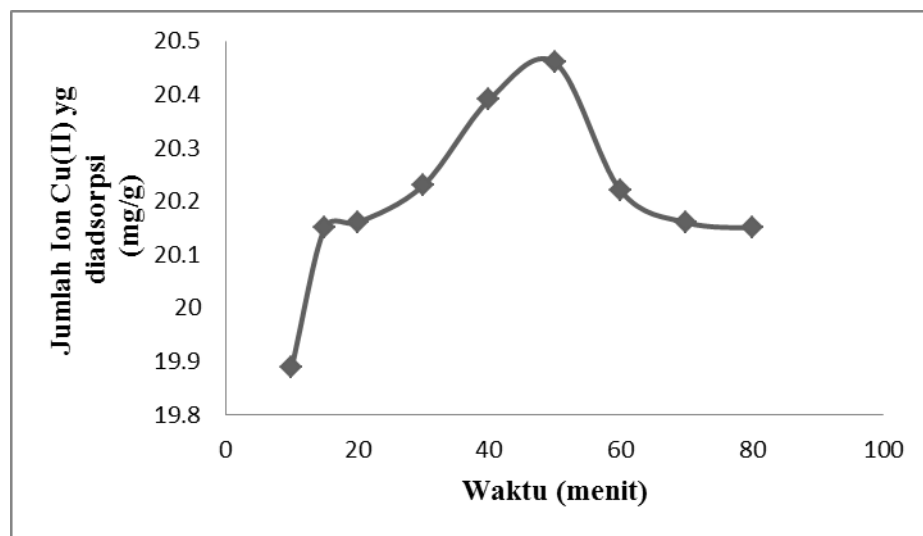
partikel. Semakin kecil ukuran partikel semakin luas permukaan dan daya adsorpsi meningkat.

Tetapi, untuk memudahkan dalam proses penyaringan dan menghindari proses agregasi maka dipilih biosorben dengan ukuran partikel 120 mesh dengan kapasitas adsorpsi 18,06 mg/g hampir sama dengan kapasitas adsorpsi biosorben dengan ukuran partikel 150 mesh. Penentuan waktu optimum dilakukan dengan menggunakan biosorben dengan ukuran partikel 120 mesh

Penentuan Waktu Optimum Biosorpsi Ion Cu(II) oleh Kulit Buah Kopi (*Coffea arabica*)

Waktu optimum biosorpsi ion Cu(II) oleh kulit buah kopi (*Coffea arabica*) ditentukan dengan menghitung jumlah ion Cu(II) yang

diadsorpsi sebagai fungsi waktu. Grafik hubungan antara waktu kontak dengan banyaknya ion Cu(II) yang diadsorpsi oleh biosorben kulit buah kopi (*Coffea arabica*) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan antara waktu adsorpsi terhadap jumlah ion Cu(II) yang diadsorpsi (q_e) oleh kulit buah kopi

Gambar 2 menunjukkan bahwa dari menit ke-5 hingga menit ke-50 proses adsorpsi mengalami peningkatan. Adsorpsi ion Cu(II) berbanding lurus dengan waktu kontak, akan mengalami peningkatan dengan semakin lamanya waktu kontak, akan tetapi setelah mencapai waktu optimum jumlah ion Cu(II) yang

teradsorpsi akan menurun. Hal ini disebabkan karena pada waktu optimum jumlah ion Cu(II) yang teradsorpsi telah maksimal dan tidak akan meningkat lagi meskipun waktu kontak meningkat. Biosorben kulit buah kopi (*Coffea arabica*) tidak akan mengadsorpsi adsorbat dalam jumlah yang lebih besar setelah mencapai

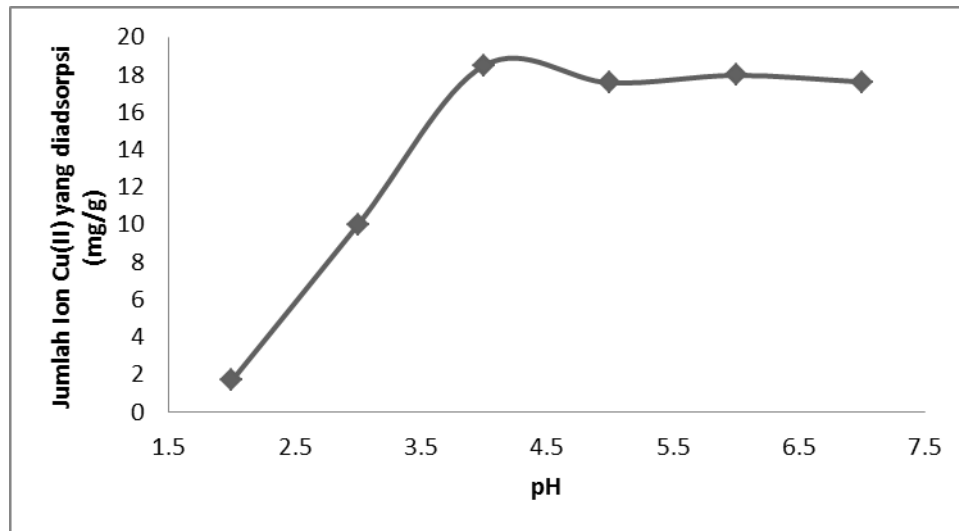
waktu optimum karena telah mencapai kesetimbangan dan sisi aktif pada biosorben telah jenuh .

Setelah memasuki menit ke-60 jumlah ion Cu(II) yang teradsorpsi mengalami penurunan yang menandakan adanya proses desorpsi yang menunjukkan proses adsorpsi terjadi secara reversibel (Ekmekyapar dkk., 2006). Proses ini juga terjadi pada adsorpsi ion Cu(II) dengan menggunakan kulit jeruk nipis, kapasitas adsorpsi menurun setelah mencapai waktu optimum pada 50 menit (Rafique dkk., 2013). Waktu optimum biosorpsi ion Cu(II) pada beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan hasil yang berbeda-beda, bergantung pada jenis biosorben

yang digunakan. Kulit jeruk digunakan sebagai biosorben ion Cu(II) waktu optimumnya adalah 60 menit (Habib dkk., 2012). Waktu pengadukan 50 menit merupakan waktu optimum yang didapatkan dengan jumlah ion Cu(II) yang teradsorpsi sebesar 20,46 mg/g. Penelitian lebih lanjut dilakukan dengan waktu optimum 50 menit.

Penentuan pH Optimum Biosorpsi Ion Cu(II) oleh Kulit Buah Kopi (*Coffea arabica*)

Salah satu faktor penting dalam proses biosorpsi selain waktu dan ukuran partikel adalah pH. Pengaruh perubahan pH dalam biosorpsi ion Cu(II) oleh kulit buah kopi (*Coffea arabica*) ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan antara pH terhadap jumlah ion Cu(II) yang diadsorpsi (q_e) oleh kulit buah kopi

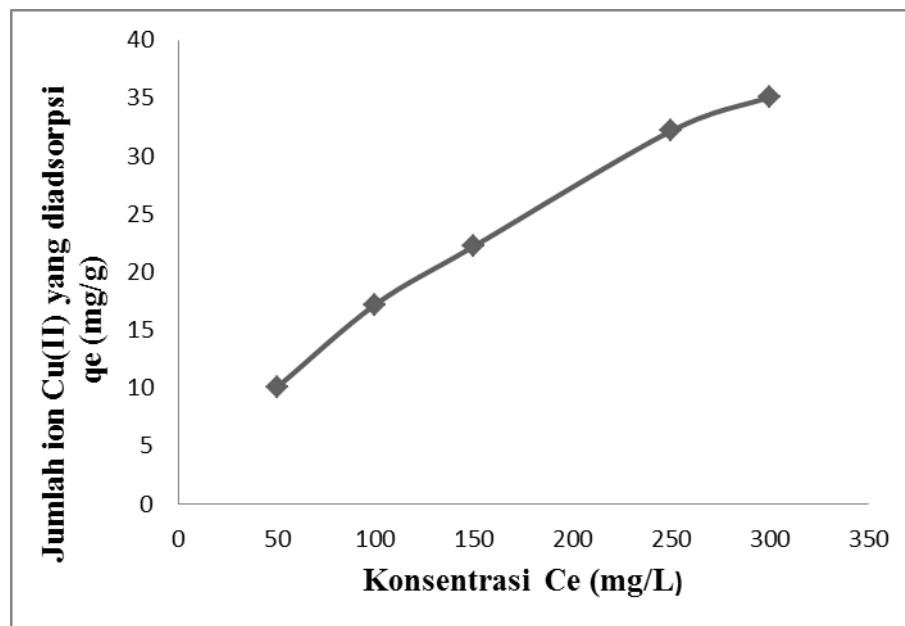
Pada penelitian ini pengaruh perubahan pH dalam biosorpsi ion Cu(II) oleh kulit buah kopi (*Coffea arabica*) diamati pada pH 2-7. Gambar 6 menunjukkan bahwa jumlah ion Cu(II) yang teradsorpsi meningkat seiring bertambahnya pH hingga mencapai adsorpsi optimum pada pH 4 dengan jumlah ion Cu(II) yang teradsorpsi sebesar 18,48 mg/g. Tasaso (2014), juga melaporkan bahwa pH 4 merupakan pH optimum dalam adsorpsi ion Cu(II) dengan kulit jeruk bali yang dipektinasi tetapi waktu kontak dan konsentrasi optimum yang diperoleh berbeda, yaitu masing-masing 180 menit dan 150 mg/L dengan kapasitas sebesar 21,10 mg/g.

Pada kondisi yang terlalu asam atau pH rendah, terjadi persaingan ion logam dan H^+ untuk berikatan dengan gugus aktif pada permukaan biosorben. Kondisi permukaan biosorben yang bermuatan positif mengakibatkan terjadinya tolakan secara elektrostatik terhadap ion Cu(II) sehingga pengikatan ion logam berkurang. Dengan meningkatnya pH, tolakan elektrostatik akan menurun karena berkurangnya kepadatan muatan positif pada biosorben sehingga adsorpsi logam meningkat. Lu dkk. (2008) mengatakan bahwa pada pH yang lebih tinggi ($pH > 4$) ion logam yang teradsorpsi menurun karena terbentuknya endapan $Cu(OH)_2$. Penelitian selanjutnya dilakukan pada pH 4.

Penentuan Kapasitas Biosorpsi Ion Cu(II) oleh Kulit Buah Kopi (*Coffea arabica*)

Jumlah ion Cu(II) yang diadsorpsi (q_e) merupakan fungsi konsentrasi ditentukan untuk

menghitung kapasitas biosorpsi. Kapasitas biosorpsi ditentukan oleh konsentrasi ion logam. Pengaruh konsentrasi ion Cu(II) dalam proses biosorpsi ditunjukkan pada Gambar 4.

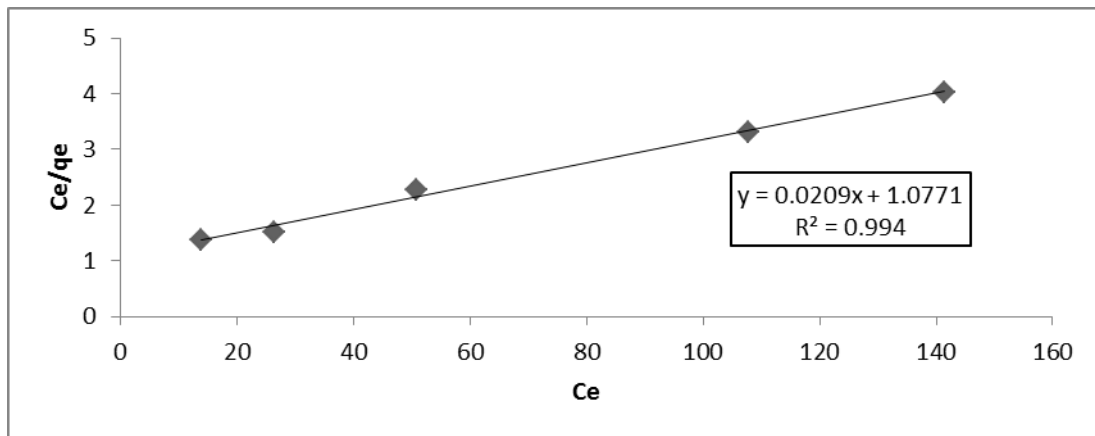


Gambar 4. Grafik hubungan antara jumlah ion Cu(II) yang diadsorpsi (q_e) oleh kulit buah kopi (*Coffea arabica*) dengan konsentrasi larutan (C_e) pada kesetimbangan

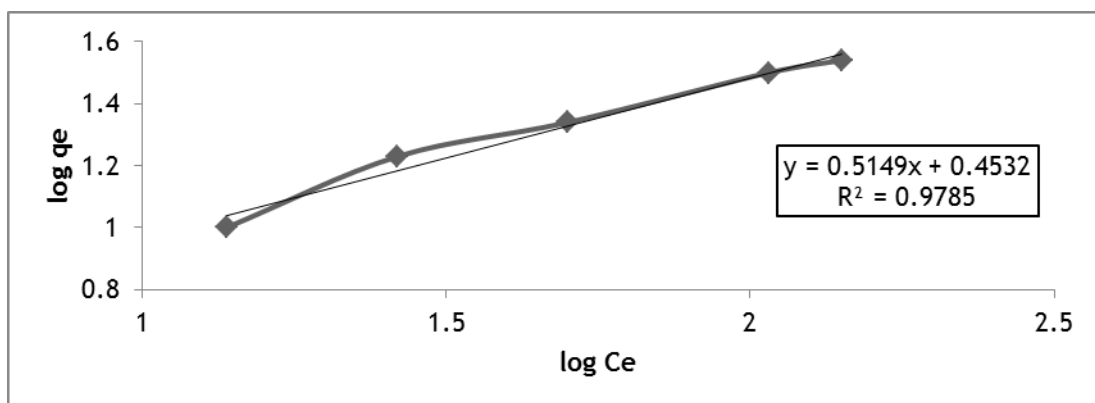
Grafik hubungan antara q_e dengan C_e pada Gambar 4 menunjukkan jumlah ion Cu(II) yang diadsorpsi meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi adsorbat. Konsentrasi awal logam memberikan kekuatan pendorong untuk mengatasi

perlawanan perpindahan massa ion logam antara fasa air dan solid sehingga peningkatan konsentrasi larutan logam akan meningkatkan kapasitas adsorpsi (Malkoc dan Nuhoglu, 2005).

Kapasitas adsorpsi Grafik perbandingan isothermal ditentukan dengan menggunakan model Langmuir dan isothermal Freundlich isothermal adsorpsi yaitu isothermal dapat dilihat pada Gambar 5 dan Langmuir dan isothermal Freundlich. Gambar 6.



Gambar 5. Isothermal Langmuir untuk biosorpsi ion Cu(II) oleh kulit buah kopi (*Coffea arabica*)



Gambar 6. Isothermal Freundlich untuk biosorpsi ion Cu(II) oleh kulit buah kopi (*Coffea arabica*)

Gambar 5 dan 6 menunjukkan bahwa isothermal biosorpsi ion Cu(II) oleh kulit buah kopi (*Coffea arabica*) lebih sesuai dengan isothermal

Langmuir dibandingkan isothermal Freundlich, dimana R^2 yang diperoleh untuk kurva isothermal Langmuir adalah 0,994 dan untuk isothermal

Langmuir adalah 0,9785. Kurva isothermal Langmuir menunjukkan nilai koefisien kolerasi yang besar yang menunjukkan proses biosorpsi ion logam memiliki cakupan lapis tunggal (*monolayer*) pada biosorben kulit kopi (*Coffea arabica*). Maka biosorpsi ion Cu(II) oleh kulit kopi (*Coffea arabica*) terjadi pada gugus fungsi permukaan biosorben yang disebut sebagai adsorpsi lapis tunggal.

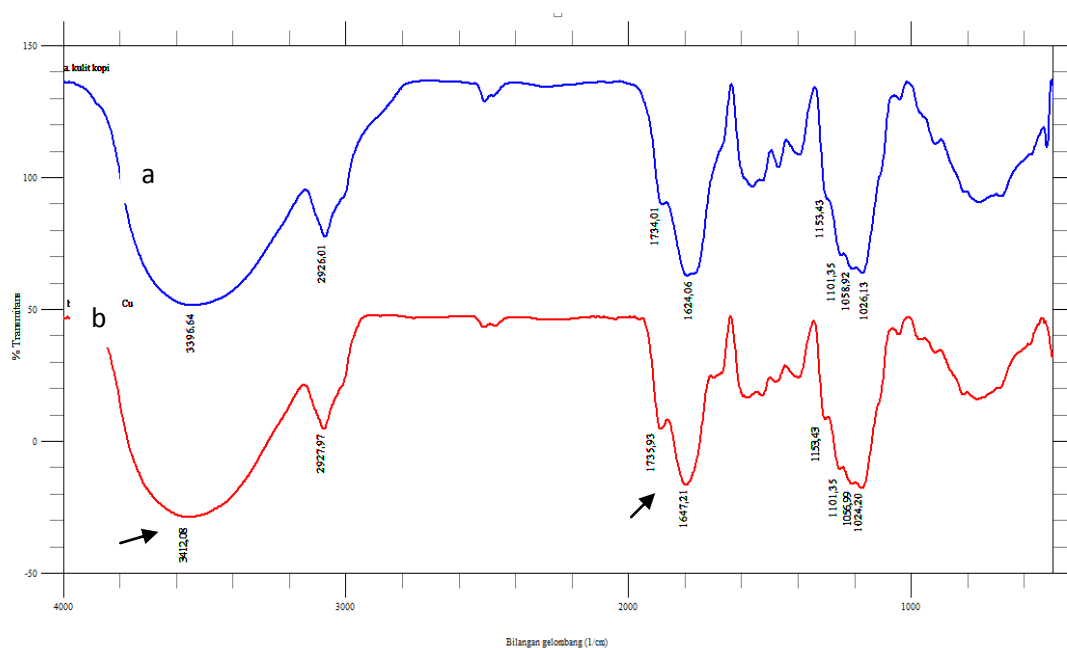
Dari persamaan garis lurus kurva isothermal Langmuir diperoleh kapasitas adsorpsi (Q_0) dan intensitas adsorpsi secara berturut-turut adalah 47,84 mg/g atau 0,75 mmol/g dan 0,02 L/mg. Kesesuaian isothermal adsorpsi sangat bergantung pada biosorben yang digunakan, biosorben yang berbeda dapat memberikan karakteristik dan kapasitas adsorpsi yang berbeda. Amer dkk., (2014) menunjukkan bahwa biosorpsi ion Cu(II) oleh biji *Sophora japonica* sesuai dengan isothermal Langmuir dengan R^2 0,9999, kapasitas dan

intensitas adsorpsi adalah 35,84 mg/g 0,0149 L/mg.

Penentuan Gugus Fungsi yang Terlibat dalam Biosorpsi Ion Cu(II) oleh Kulit Buah Kopi (*Coffea Arabica*)

Interaksi ion logam Cu(II) dengan kulit buah kopi (*Coffea arabica*) diketahui dengan membandingkan spektra biosorben sebelum adsorpsi dan setelah mengadsorpsi ion logam Cu menggunakan FT-IR. Spektrum FT-IR dapat dilihat pada Gambar 7.

Menurut Gambar 7 beberapa puncak terdeteksi sebelum adsorpsi, seperti pada bilangan gelombang $3396,64\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan serapan gugus -OH yang didukung dengan munculnya serapan pada $1026,13\text{ cm}^{-1}$ dan $1058,92\text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi regangan C–O karboksil atau alkohol. Regangan -CH pada $2926,01\text{ cm}^{-1}$ berasal dari -CH_3 dan -CH_2 (Awwad dan Salem, 2012).



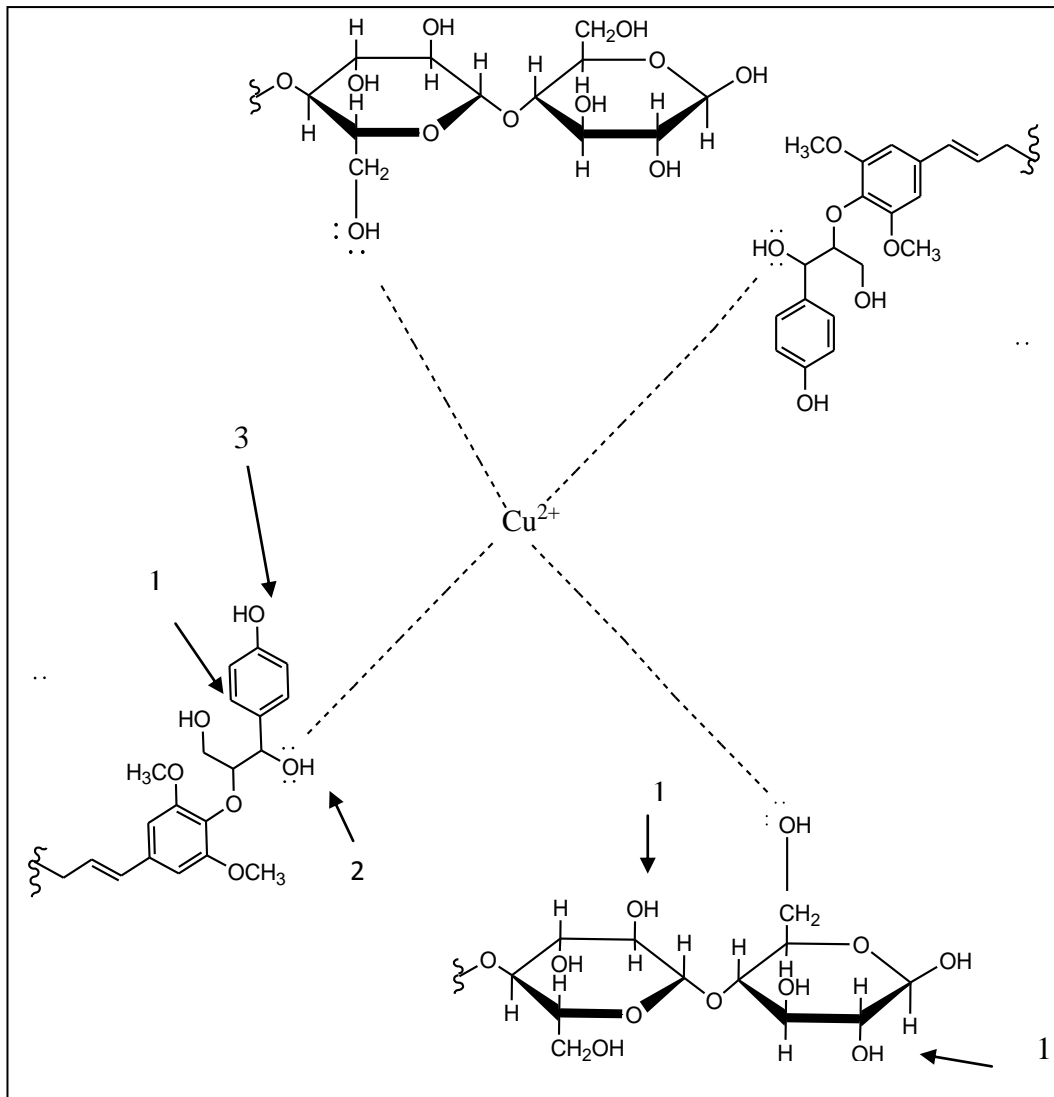
Gambar 7. Spektrum inframerah biosorpsi ion Cu(II) oleh kulit buah kopi (a) sebelum kontak dengan Cu(II) dan (b) setelah kontak dengan Cu(II)

Gugus $-NH$ dari amina muncul pada serapan $1624,06\text{ cm}^{-1}$, didukung dengan munculnya serapan pada bilangan gelombang $1101,35\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan regangan $-NH$ dari amina, diperkuat dengan serapan $C=O$ pada bilangan gelombang $1734,01\text{ cm}^{-1}$ dari ikatan peptida (Williams dan Fleming, 1995).

Setelah biosorpsi puncak pada $3396,64\text{ cm}^{-1}$ (ulur $-OH$) mengalami pergeseran menjadi $3412,08\text{ cm}^{-1}$. Terjadi pergeseran $15,44\text{ cm}^{-1}$. Selain itu pada daerah bilang gelombang $1624,06\text{ cm}^{-1}$ juga mengalami pergeseran menjadi $1647,21\text{ cm}^{-1}$, terjadi pergeseran $23,15\text{ cm}^{-1}$ yang

menandakan adanya interaksi ion Cu(II) dengan gugus $-NH$. Pavasant dkk., (2005) melaporkan bahwa dalam membandingkan antara sampel sebelum dan sesudah adsorpsi ion logam Cu(II), dapat dilihat dari adanya pergeseran yang $>10\text{ cm}^{-1}$. Hal ini menunjukkan adanya interaksi ion Cu(II) dengan gugus hidroksil yang ada pada selulosa dan lignin.

Bentuk interaksi yang diperkirakan terjadi antara Cu(II) dengan lignin, selulosa dan protein dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Bentuk interaksi yang diperkirakan terjadi antara Cu(II) dengan lignin dan selulosa

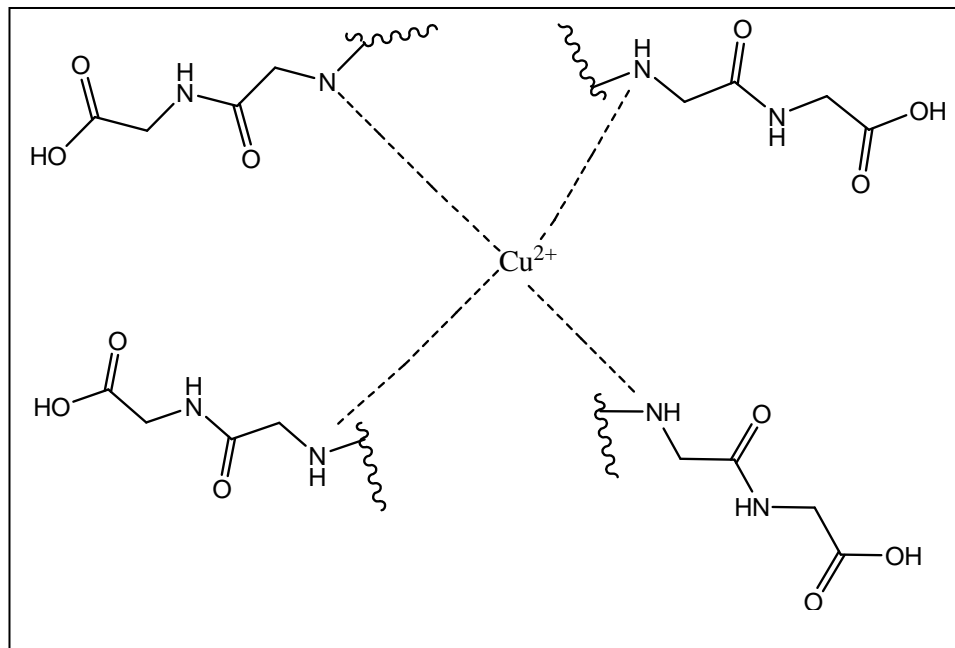
Pektin juga memiliki gugus $-OH$ tetapi untuk berikatan dengan ion Cu(II) akan terhalangi karena adanya efek sterik dan oksigen pada gugus $-OH$ dan gugus $C-O$ yang berasal dari gugus $-COOH$ pada pektin memiliki kemampuan yang sama besar

untuk menarik elektron karena adanya efek konjugasi sehingga kemungkinan yang bergeser adalah gugus $C-O$ (Tanasal dkk., 2015).

Gambar 8 juga menunjukkan Cu(II) tidak berikatan dengan $(-OH)_3$ dari lignin karena akan cenderung

beresonansi ke dalam cincin. Begitu juga –OH pada selulosa posisi 1 akan terhalangi oleh efek sterik dari –OH dari dalam cincin. Bentuk interaksi

yang diperkirakan terjadi antara Cu(II) dengan protein dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 8. Interaksi antara Cu(II) dengan protein

KESIMPULAN

Waktu optimum biosorpsi ion Cu(II) oleh kulit buah kopi (*Coffea arabica*) adalah 50 menit, dengan ukuran partikel 120 mesh dan pH optimum 4. Proses biosorpsi memenuhi isoterma Langmuir dengan nilai Q_0 sebesar 47,84 mg/g atau 0,75 mmol/g. Gugus fungsi yang terlibat pada biosorpsi ion Cu(II) adalah

gugus –OH dan –NH dari kulit kopi (*Coffea arabica*).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Ghani, N.T., El-Chaghaby, G.A., 2014, Biosorption For Metal Ions Removal From Aqueous Solutions: A Review of Recent Studies, *International Journal of Latest Research in Science and Technology*, **3**(1): 24-42.
- Abdel-Ghani, N.T., El-Chaghaby, G.A., 2014, Biosorption For Metal Ions Removal From Aqueous Solutions: A Review of Recent Studies,

International Journal of Latest Research in Science and Technology, **3**(1): 24-42.

- Ahalya, N., Ramachandra, T.V., Kanamadi, R.D., 2003, Biosorption of Heavy Metal, *Research Journal Of Chemical And Environment*, **7**(4): 71-79
- Ahuja, S., 2009, *Handbook of Water Quality and Purity*, 1st edition, Academic Press, New York.
- Aji, B.K., Kurniawan, F., 2012, Pemanfaatan Serbuk Biji Salak (*Salacca zalacca*) sebagai Adsorben Cr(VI) dengan Metode Batch dan Kolom *Jurnal Sains Pomits*, **1**(1): 1-6.
- Alam, S., 2006, Kelayakan Pengembangan Kopi sebagai Komoditas Unggulan di Provinsi Sulawesi Selatan, Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin Makassar
- Amer, M.W., Awwad, Akl.M., Ahmad, R.A., 2014, Biosorption of Cu(II), Ni(II), Zn(II) and Pb(II) ions from aqueous solution by *Sophora japonica* pods powder, *Int. J. Ind. Chem.*, **6**: 67-75.
- Assadam, A., 2014, Delignifikasi Secara Kimia Kulit Kopi Robusta Hasil Samping Pengolahan Kopi Metode Kering Sebagai Substrat Bioetanol Skripsi tidak dipublikasikan, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
- Awwad, Akl.M., Salem, N.M., 2012, Biosorption of Copper(II) and Lead(II) Ions from Aqueous Solutions by Modified Loquat (*Eriobotrya japonica*) Leaves (MLL), *Journal of Chemical Engineering and Materials Science*, **3**(1): 7-17.
- Darmono, 1995, *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*, UI-Press, Jakarta.
- Demirbas, A., 2008, Heavy Metal Adsorption onto Agro-Based Waste Materials: A review, *J Hazard Mater*, **9**: 157-220.
- Ekmekyapar, F., Ali, A., Kemal Y.B., Avni C., 2006, Biosorption of Copper (II) by Non Living Lichen Biomass of *Cladonia rangiformis* hoffm, *J. Ha. Mate. B*, **137**(1): 293-298.
- Habib, A., Islam, N., Islam A., Alam, A.M.S., 2007, Removal of Copper from Aqueous Solution Using Orange Peel, Sawdust and Bagasse, *J. Anal. Environ. Chem.*, **8**(1): 21-25.
- Kurniasari, L., 2010, Pemanfaatan Mikroorganisme dan Limbah Pertanian sebagai Bahan Baku Biosorben Logam Berat, *MOMENTUM*, **6**(2): 5-8.
- Malkoc, E., Nuhoglu, Y., 2005, Investigations of Nickel(II) Removal from Aqueous Solutions Using Tea Factory Waste, *J Hazard Mater*, 127: 120-128.

- Palar, 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Pravasant, P., Apiratikul, R., Sungkhum, V., Suthiparinyanont, P., Wattanachira, S., and Marhaba, T. F., 2005, Biosorption of Cu^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , and Zn^{2+} Using Dried Marine Green Macro Alga *Caulerpa lentillifera*, *Biores. Technol.*
- Rafique, U., Parveen, K., Rasheed, K.P.A., 2013, In-Situ Remediation of Metals in Industrial Effluents on Prepared Peel Biosorbents, *International Journal of Chemical and Environmental Engineering*, **4**(5): 286-287.
- Saueprasearsit, P., Nuanjaren, M., Chinlapa, M., 2010, Biosorption of lead (Pb^{2+}) by *Luffa cylindrical* Fibre, *Environmental Research Journal*, **4**(1): 157-166.
- Sud, D., Mahajan G., Kaur M.P., 2008, Agricultural Waste Material as Potential Adsorbent for Sequestering Heavy Metal Ions from Aqueous Solutions: A review, *Bioresource Technology*, **99**: 6017–6027.
- Sunday., O., Jude C., Darlingto, 2013, Effect of Particle Size on Adsorption of Heavy Metals Using Chemically Modified and Unmodified Fluted Pumpkin and Broad-Leafed Pumpkin Pods, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **7**(2): 852-860.
- Tanasal, A.M., La Nafie, N., Taba, P., 2015, Biosorption of Cd(II) Ion by Dragon Fruit Peel (*Hylocereus polyrhizus*), *Ind. Chim. Act.*, **8**(1): 18-30.
- Tasaso, P., 2014, Adsorption of Copper Using Pomelo Peel and Depectinated Pomelo Peel, *J. Clean. Energy. Technol.*, **2**(2): 154-157.
- Williams, D.H., Fleming, I., 1995, *Spectroscopic Methods in Organic Chemistry* 5th Edition, The McGraw-Hill Companies, London
- Yaqin, K., Fachruddin, L., Suwarni, Umar, M.H., Nadiarti, 2013, Status Pencemaran Logam di Perairan Kabupaten Bantaeng Sulawesi Selatan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin.